AVALIAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO DE USO PÚBLICO E DE LEVANTAMENTO GNSS-RTK NA REPRESENTAÇÃO DE SEÇÕES TRANSVERSAIS DE UM RIACHO URBANO NO SERTÃO PARAIBANO

IGSON RAUNNY BADU DOS SANTOS
ORIENTADORA: PROF. DRA. LUÍSA EDUARDA LUCENA DE MEDEIROS.
COORIENTADOR: ENG. RODRIGO PAULINO OLIVEIRA

PATOS – PB
2026.1

IGSON RAUNNY BADU DOS SANTOS

AVALIAÇÃO DE MODELOS DIGITAIS DE ELEVAÇÃO DE USO PÚBLICO E DE LEVANTAMENTO GNSS-RTK NA REPRESENTAÇÃO DE SEÇÕES TRANSVERSAIS DE UM RIACHO URBANO NO SERTÃO PARAIBANO

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Centro UNIFIP, campus Patos, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dra. Luísa Eduarda Lucena de Medeiros.
Coorientador: Eng. Rodrigo Paulino Oliveira

PATOS
2026.1

FICHA CATALOGRÁFICA
Dados de Acordo com AACR2, CDU e CUTTER Biblioteca Central - UNIFIP

Gr

Santos, Igson Raunny Badu dos.

S237a Avaliação de modelos digitais de elevação de uso público e de levantamento GNSS-RTK na representação de seções transversais de um riacho urbano no sertão paraibano / Igson Raunny Badu dos Santos. – Patos – PB, 2026.

42 f.

Orientadora: Profª. Luisa Eduarda Lucena de Medeiros. TCC (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Civil – UNIFIP Centro Universitário de Patos.

UNIFIP/BC CDU: 619

Francisco C. Leite – Bibliotecário. CRB 15/0076

FICHA DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do UNIFIP Centro Universitário, como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 01 de junho de 2026.

Banca Examinadora:

Luísa Eduarda Lucena de Medeiros
Orientadora (UNIFIP Centro Universitário)

Yuri Tomaz Neves
Avaliador Interno (UNIFIP Centro Universitário)

Documento assinado digitalmente
gov.br
RODRIGO PAULINO OLIVEIRA
Data: 02/06/2026 07:25:04-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Rodrigo Paulino de Oliveria
Avaliador Externo

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha avó, Júlia Rodrigues Sobrinha, por todo o amor, carinho, apoio e ensinamentos que contribuíram para minha formação pessoal e acadêmica. Sua força, dedicação e confiança em mim foram fundamentais para que eu superasse os desafios desta caminhada. Com profunda gratidão e afeto, ofereço a ela esta conquista, como forma de reconhecimento por tudo o que representa em minha vida.

RESUMO

A representação do relevo por meio de Modelos Digitais de Elevação (MDEs) constitui uma importante ferramenta para estudos de engenharia, geotecnologias e recursos hídricos, possibilitando análises da superfície terrestre e da dinâmica do escoamento superficial. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a capacidade de modelos digitais de elevação de uso público em representar as seções transversais do Riacho do Frango, localizado no município de Patos-PB, utilizando como referência um levantamento planialtimétrico realizado com tecnologia GNSS RTK. A metodologia consistiu na execução de levantamento topográfico de alta precisão ao longo do canal urbano, com coleta de 1.206 pontos georreferenciados no sistema SIRGAS 2000, projeção UTM Fuso 24S, além da obtenção dos modelos ANADEM, FABDEM, ALOS PALSAR, COP30 e COP90 para fins comparativos. Após o processamento dos dados, foram gerados modelos digitais do terreno, perfis longitudinais e seções transversais, possibilitando a análise da geometria do canal e a comparação entre os diferentes modelos avaliados. Os resultados demonstraram que o levantamento GNSS RTK apresentou o melhor desempenho na representação das seções transversais, alcançando classificação boa em todas as análises realizadas, enquanto os modelos digitais de terreno de uso público apresentaram limitações na reprodução da morfologia do canal, com destaque para o ALOS PALSAR, que apresentou os resultados menos satisfatórios. O levantamento permitiu ainda caracterizar o canal quanto aos aspectos altimétricos e geométricos, identificando declividade média de 0,2332%, desnível total de 9,163 m e profundidade média estimada de 0,595 m. Conclui-se que a utilização do GNSS RTK proporciona maior precisão e confiabilidade para estudos hidrológicos e hidrodinâmicos em canais urbanos, constituindo importante ferramenta de apoio ao planejamento urbano, à gestão da drenagem e à avaliação de áreas suscetíveis a inundações.

Palavras-chave: GNSS RTK; modelos digitais de elevação; drenagem urbana; topografia; recursos hídricos.

ABSTRACT

Relief representation through Digital Elevation Models (DEMs) has become an important tool for engineering, geotechnologies, and water resources studies, enabling analyses of the Earth's surface and surface runoff dynamics. In this context, the present study aimed to evaluate the capability of publicly available digital elevation models to represent the cross-sections of the Frango Stream, located in the municipality of Patos, Paraíba State, Brazil, using a GNSS RTK-based topographic survey as a high-precision reference. The methodology consisted of conducting a high-accuracy topographic survey along the urban channel, collecting 1,206 georeferenced points referenced to the SIRGAS 2000 coordinate system, UTM Zone 24S, in addition to obtaining the ANADEM, FABDEM, ALOS PALSAR, COP30, and COP90 models for comparative purposes. After data processing, digital terrain models, longitudinal profiles, and cross-sections were generated, allowing the analysis of channel geometry and the comparison among the evaluated models. The results showed that the GNSS RTK survey achieved the best performance in representing the cross-sections, obtaining a good classification in all analyses performed, whereas the publicly available digital terrain models presented limitations in reproducing the channel morphology, especially the ALOS PALSAR model, which showed the least satisfactory results. The survey also enabled the characterization of the channel in terms of its altimetric and geometric features, identifying an average slope of 0.2332%, a total elevation difference of 9.163 m, and an estimated average depth of 0.595 m. It is concluded that GNSS RTK technology provides greater accuracy and reliability for hydrological and hydrodynamic studies in urban channels, representing an important tool to support urban planning, drainage management, and the assessment of areas susceptible to flooding.

Keywords: GNSS RTK; digital elevation models; urban drainage; topography; water resources.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 8
2 METODOLOGIA 10
2.1 ÁREA DE ESTUDO 11
2.1.1 Município de Patos-PB ..... Erro! Indicador não definido.
2.1.2 Riacho do Frango ..... Erro! Indicador não definido.
2.2 LEVANTAMENTO DE DADOS 13
2.3 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS 15
2.4 COMPARATIVO DOS MODELOS DIGITAIS DE TERRENO 15
2.4.1 Comparativo entre os MDT's ..... Erro! Indicador não definido.
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO 17
3.1 AVALIAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA DA PRECISÃO DO POSICIONAMENTO GNSS RTK 17
3.2 ANÁLISE MORFOLÓGICA DISCRETIZADA DAS SEÇÕES TRANSVERSAIS 18
3.2.1 Perfil e Dinâmica da Seção Transversal 01 (Estaqueta 01) 19
3.2.2 Perfil e Dinâmica da Seção Transversal 02 (Estaqueta 02) 19
3.2.3 Perfil e Dinâmica da Seção Transversal 03 (Estaqueta 03) 20
3.3 IMPACTOS ANTRÓPICOS E VULNERABILIDADE A INUNDAÇÕES URBANAS 22
3.4 BANCO DE DADOS GEORREFERENCIADO 23
3.5 ANÁLISE ALTIMÉTRICA 23
3.6 PERFIL LONGITUDINAL E DECLIVIDADE DO CANAL 24
4 RELATÓRIO FOTOGRÁFICO 25
5 CONCLUSÃO 32
REFERÊNCIAS 34
ANEXO – ANÁLISE DAS SEÇÕES 37

1 INTRODUÇÃO

A representação digital da superfície terrestre por meio dos Modelos Digitais de Elevação (MDEs) tem se consolidado como uma importante ferramenta para estudos de engenharia, geotecnologias e recursos hídricos, permitindo análises mais precisas do relevo e do comportamento do escoamento superficial. Os MDEs consistem em representações numéricas da altitude da superfície terrestre, a partir das quais podem ser derivados diferentes produtos, como o Modelo Digital de Terreno (MDT), que representa apenas a superfície natural do terreno, e o Modelo Digital de Superfície (MDS), que inclui elementos presentes sobre o terreno, como edificações, vegetação e outras estruturas (GUTH et al., 2021; YOGI; STANGANINI, 2023).

O desenvolvimento dos MDEs ocorreu de forma gradual ao longo das últimas décadas, acompanhando os avanços das tecnologias de sensoriamento remoto e geoprocessamento. Inicialmente, os modelos eram obtidos por métodos cartográficos convencionais, evoluindo posteriormente para dados gerados por radar, imagens de satélite, fotogrametria e sensores a laser. Atualmente, destacam-se produtos de uso público e cobertura global, como o Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), o ALOS PALSAR, o FABDEM e os modelos COPDEM, amplamente utilizados em estudos ambientais, hidrológicos e de planejamento territorial.

Apesar da ampla disponibilidade desses modelos, sua utilização apresenta algumas limitações, especialmente na representação de canais, rios e outras áreas sujeitas à presença de água. Como os sensores remotos geralmente registram apenas a superfície visível, os MDEs não conseguem representar adequadamente a batimetria, ou seja, a profundidade e a geometria do fundo dos corpos hídricos. Além disso, fatores como cobertura vegetal, edificações e resolução espacial podem comprometer a representação detalhada do relevo em áreas urbanas e fluviais.

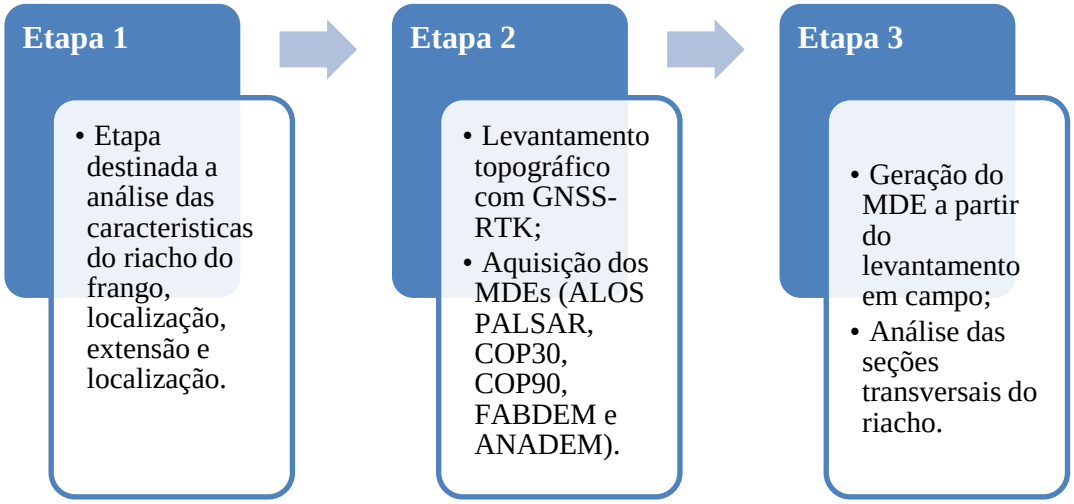
Diante dessas limitações, levantamentos topográficos de alta precisão tornam-se essenciais para complementar os dados altimétricos disponíveis. Nesse contexto, a tecnologia GNSS RTK (Real Time Kinematic) destaca-se por possibilitar a obtenção de coordenadas com precisão centimétrica em tempo real, permitindo a geração de Modelos Digitais de Terreno mais confiáveis e adequados para aplicações de engenharia, drenagem urbana e modelagem hidráulica.

A análise detalhada da batimetria do riacho e da drenagem urbana torna-se, portanto, fundamental para subsidiar ações de planejamento territorial, prevenção de desastres ambientais e melhoria da infraestrutura urbana. Assim, o presente trabalho tem como objetivo avaliar a capacidade de modelos digitais de elevação de uso público em representar as seções transversais do Riacho do Frango, localizado em Patos–PB, utilizando o levantamento planialtimétrico realizado com GNSS RTK como referência de alta precisão.

2 METODOLOGIA

Tendo como meta alcançar os objetivos apresentados, a pesquisa está estruturada em três etapas fundamentais, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1-Fluxograma das Etapas Metodológicas da Pesquisa.



Fonte: Autor (2026).

Na primeira etapa, realizou-se a revisão bibliográfica, com o objetivo de encontrar o que há de mais atual sobre o tema, além de fundamentar teoricamente a pesquisa. Em seguida, foi feita a definição do tema e a escolha da área de estudo, onde foi selecionado o município de Patos-PB e a Bacia do Riacho do Frango mais, especificamente, o trecho canalizado do riacho.

Durante a segunda etapa, ocorreu o levantamento topográfico utilizando a tecnologia GNSS-RTK, o que possibilitou a obtenção de dados altimétricos de alta precisão ao longo do trecho estudado. Paralelamente, foram adquiridos os principais Modelos Digitais de Elevação de domínio público, são eles: o ALOS PALSAR, COP30, COP90, FABDEM e ANADEM, que serviram como base para comparação com os dados obtidos em campo.

A avaliação da qualidade do posicionamento foi realizada por meio do monitoramento contínuo dos desvios-padrão horizontais e verticais, também conhecidos como erros médios quadráticos (RMS), fornecidos em tempo real pelo receptor GNSS durante a execução do levantamento. Esses indicadores são fundamentais para verificar a precisão das coordenadas obtidas em campo e garantir a confiabilidade dos dados topográficos coletados.

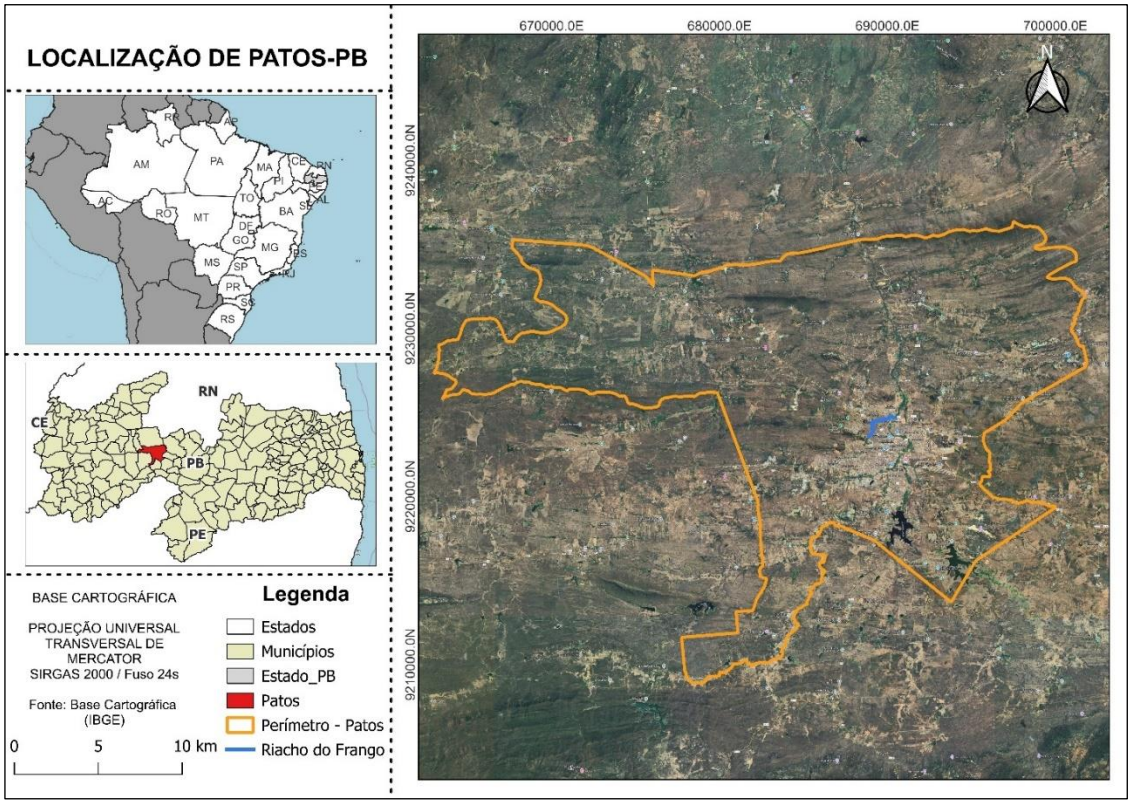
Por fim, na terceira etapa, foi realizada a geração do MDE a partir dos dados coletados no levantamento de campo. Posteriormente, foram feitas as análises das seções transversais do riacho, comparando os resultados obtidos pelos diferentes MDEs com os dados de seções medidos em campo, a fim de avaliar a capacidade desses modelos em representar a geometria transversal do canal urbano estudado.

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O município de Patos tem área territorial de aproximadamente 472,892 km² e está localizado na mesorregião do Sertão Paraibano, mais precisamente na porção centro-oeste da Paraíba. É considerado como um dos principais centros urbanos do Estado, exercendo influência regional no setor comercial, educacional e de saúde.

segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2022)**,** o município apresentou crescimento populacional contínuo nas últimas décadas, passando de 81.298 habitantes em 1991 para 103.165 habitantes no Censo de 2022. Esse crescimento urbano, associado ao aumento da impermeabilização do solo, ampliou a necessidade de investimentos em infraestrutura de drenagem urbana, principalmente nas áreas mais populosas da cidade.

Figura 2 - Localização do município de Patos-PB.

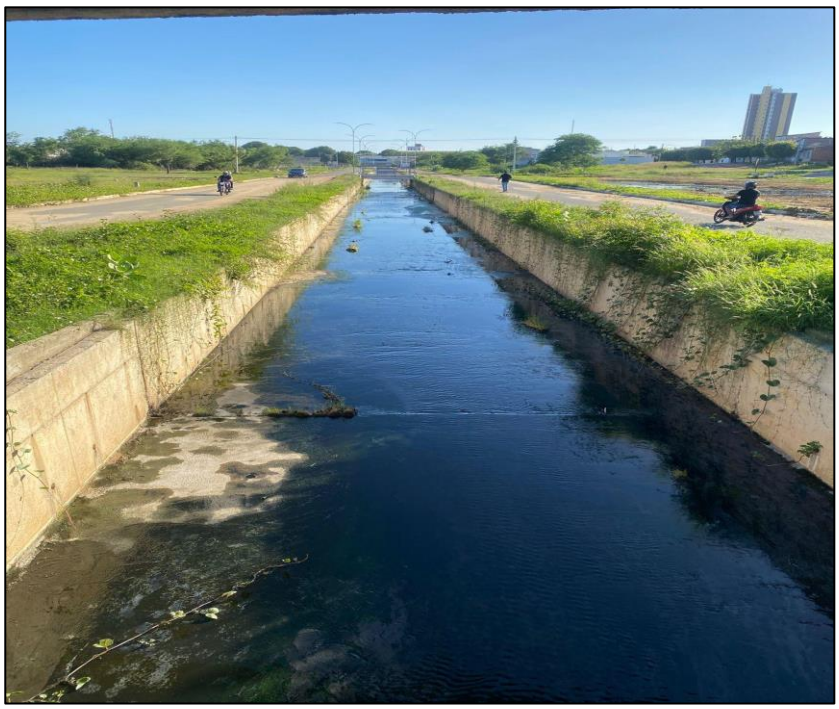


Fonte: Autor (2026).

A canalização do Riacho do Frango (Figura 3) é considerada uma das principais obras de intervenções de macrodrenagem realizadas no município. A construção foi iniciada em dezembro de 2011 com o objetivo de controlar o escoamento superficial, reduzir alagamentos recorrentes e melhorar a infraestrutura urbana do entorno. A inauguração ocorreu em agosto de 2013, representando um importante avanço para o sistema de drenagem da área central de Patos.

O projeto contemplou aproximadamente 2.660 metros de canal em concreto armado, além da implantação de pontilhões, vias laterais pavimentadas, iluminação pública, calçadas e áreas urbanizadas. O investimento estimado para execução da obra foi de R$ 27,6 milhões, sendo posteriormente anunciada uma segunda etapa destinada à complementação da drenagem em afluentes da região (PMP, 2013).

Figura 3– Riacho do Frango, Patos-PB



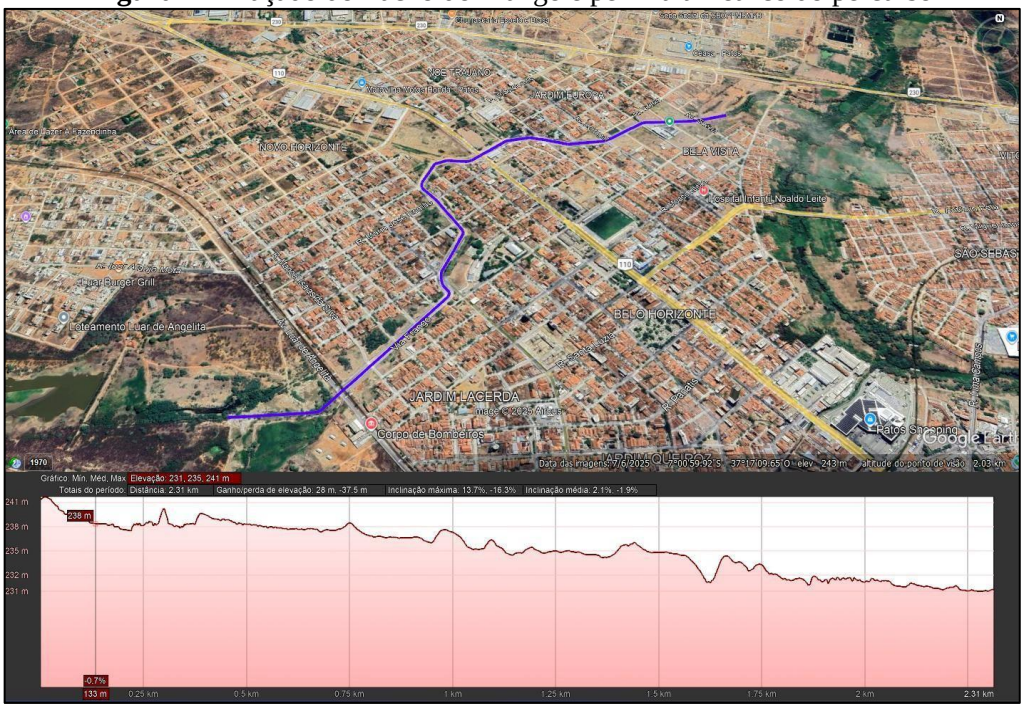
Fonte: Autoria própria (2026).

Para a cidade de Patos, o Riacho do Frango desempenha importante função na infraestrutura urbana, sendo responsável pelo controle do escoamento superficial em uma bacia fortemente urbanizada e impermeabilizada. O crescimento da cidade aumentou significativamente o volume das águas pluviais, tornando necessária uma estrutura eficiente de macrodrenagem para reduzir riscos de alagamentos e garantir o funcionamento adequado das vias e áreas urbanas.

As obras realizadas no riacho do Frango foram projetadas para ampliar a capacidade de vazão, controlar enchentes e proteger áreas adjacentes. Entretanto, estudos recentes apontam que o avanço da urbanização continua aumentando as vazões de projeto, exigindo constantes adequações e reavaliações da infraestrutura hidráulica, especialmente em eventos de chuvas intensas.

Além da função hidráulica, o riacho possui relevância para o planejamento urbano e ambiental, contribuindo para a redução de impactos causados pela expansão urbana acelerada. Dessa forma, tornam-se necessárias ações contínuas de manutenção e monitoramento, como limpeza do leito, recuperação das estruturas de concreto, ampliação da drenagem em afluentes e atualização dos levantamentos topográficos, assegurando a eficiência e a durabilidade do sistema de macrodrenagem. A Figura 4 apresenta o trajeto do Riacho do Frango em Patos-PB sobreposto ao mapa do *Google Earth*, destacando seu percurso urbano.

Figura 4 - Traçado do riacho do Frango e perfil altimétrico do percurso



Fonte: Autoria própria, 2025.

Conforme Figura 4, na parte inferior, aparece o perfil altimétrico do canal ao longo dos 2,6 km analisados, indicando variações de elevação e inclinação ao longo do trecho.

2.2 LEVANTAMENTO DE DADOS

Os procedimentos adotados seguem as diretrizes da ABNT NBR 13133:2025 (ABNT, 2025), que estabelece critérios para execução de levantamentos topográficos, incluindo métodos de medição, precisão, controle de qualidade e representação dos dados. O levantamento utiliza o sistema geodésico oficial SIRGAS 2000, garantindo compatibilidade com bases cartográficas e sistemas GNSS.O levantamento das seções transversais do Canal do Frango, em Patos, tem como objetivo caracterizar a geometria hidráulica e avaliar as condições estruturais do canal.

Foram coletados quatro pontos por seção transversal, distribuídos entre margens e fundo do canal, com espaçamento de 20 metros ao longo do trecho estudado.

O planejamento inclui análise prévia das condições do terreno, definição do sistema de coordenadas e implantação de pontos de apoio georreferenciados. O levantamento foi executado com GNSS RTK, conforme Figura 5, utilizando receptor ComNav de alta precisão, capaz de rastrear múltiplas constelações de satélites, assegurando precisão centimétrica. Também foram levantados pontos do eixo do canal, bordas, taludes e estruturas relevantes, seguindo critérios de qualidade como controle de PDOP e rastreamento adequado de satélites.

Figura 5 – Base do RTK



(Fonte: Autoria própria, 2026.)

As correções diferenciais necessárias ao posicionamento foram obtidas por meio de estação base própria, aproveitando a capacidade de comunicação do receptor ComNav, que possui conectividade via 4G, UHF e Bluetooth, permitindo flexibilidade na transmissão de dados conforme a disponibilidade local. Complementam o conjunto os equipamentos auxiliares**,** como balizas, trenas, baterias extras e equipamentos de proteção individual (EPIs), essenciais para garantir segurança e eficiência operacional.

2.3 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

O processamento consiste na transferência dos dados para ambiente computacional, conferência de metadados, ajuste dos pontos, verificação de consistência e exclusão de leituras inadequadas. Em seguida, elaboram-se o modelo digital de elevação, a planta planialtimétrica, o perfil longitudinal e as seções transversais.

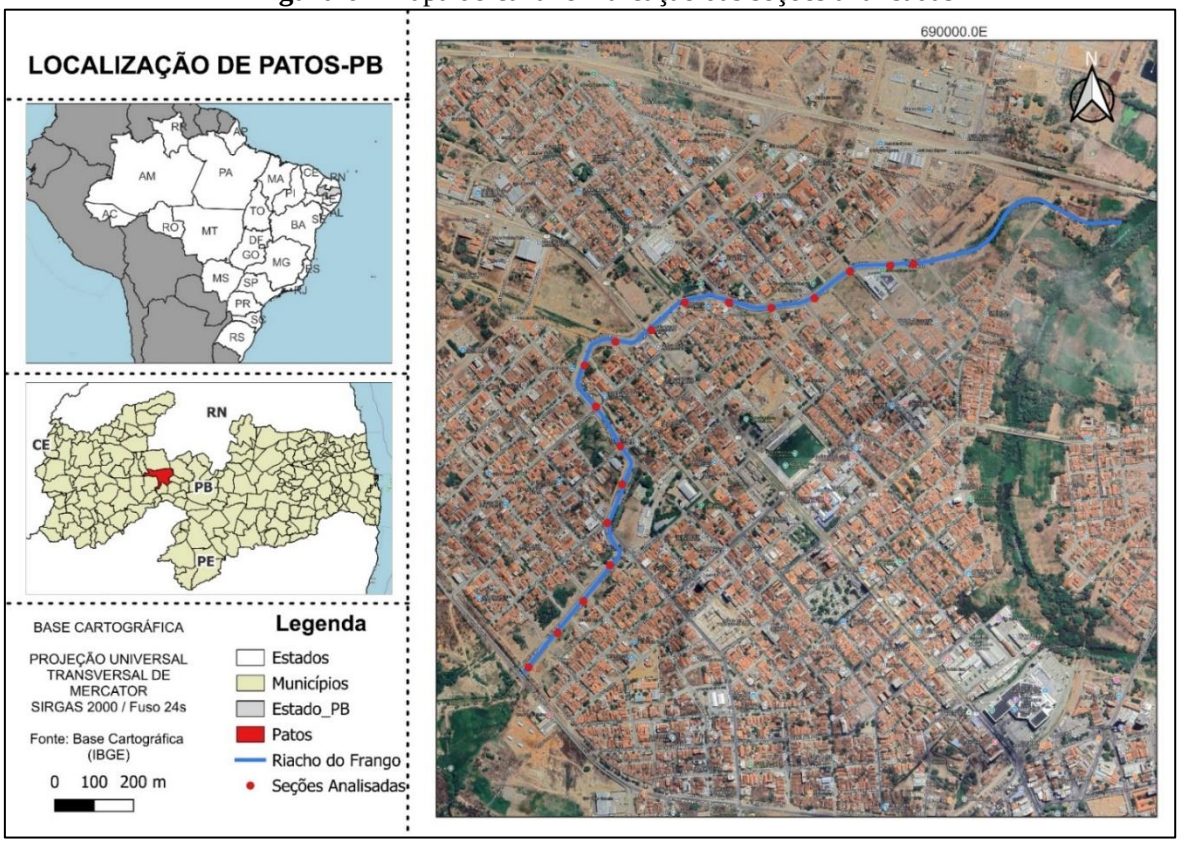
Os resultados foram analisados conforme as características geométricas observadas ao longo do riacho, permitindo identificar variações de declividade, trechos com restrições ao escoamento, possíveis áreas de assoreamento ou erosão e demais condições relevantes. A análise busca compreender como a atual conformação do canal influencia seu funcionamento.

2.4 COMPARATIVO DOS MODELOS DIGITAIS DE TERRENO

Inicialmente, foram obtidos os Modelos Digitais de Elevação (MDEs) utilizados na pesquisa. Os modelos ANADEM e FABDEM foram adquiridos por meio dos plugins LF Tools (2021), enquanto os modelos Copernicus, nas resoluções de 30 m e 90 m, foram obtidos na plataforma OpenTopography (2022). Já o modelo ALOS PALSAR foi obtido a partir da base de dados disponibilizada pela NASA (2026). Após a obtenção dos MDEs, foram traçadas 18 seções transversais em diferentes trechos ao longo do curso canalizado do Riacho do Frango. Posteriormente, os perfis extraídos dos modelos foram comparados com as seções obtidas a partir do levantamento GNSS RTK, utilizado como referência de alta precisão para a representação do terreno.

A Figura 6 apresenta a localização da área de estudo, correspondente ao Riacho do Frango, situado no município de Patos, estado da Paraíba. Além da localização geográfica do município no contexto estadual e nacional, a figura destaca o traçado do canal e os pontos utilizados para a obtenção das seções transversais analisadas ao longo do trecho estudado.

Figura 6 - Mapa do canal e marcação das seções analisadas



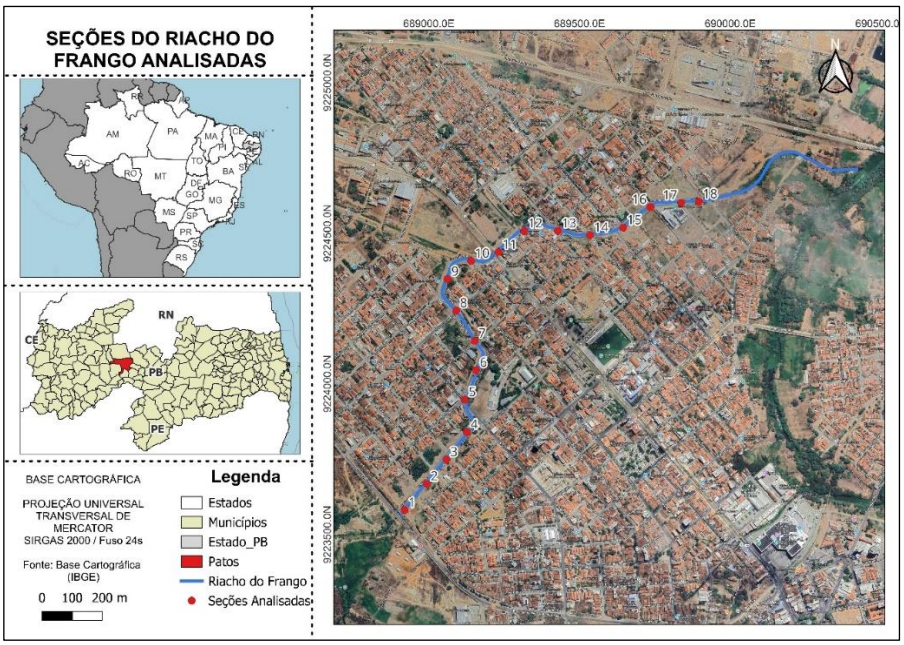
Fonte: Autoria propria 2026

Os pontos destacados em vermelho ao longo do trecho do Riacho do Frango correspondem às seções de controle utilizadas para a validação e comparação dos dados obtidos por meio do levantamento topográfico com receptor GNSS RTK em relação ao Modelo Digital do Terreno (MDT). Essas seções foram distribuídas estrategicamente ao longo da área de estudo, abrangendo diferentes condições geométricas e topográficas do canal, com o objetivo de avaliar a compatibilidade, precisão e confiabilidade dos dados altimétricos e planimétricos gerados pelos dois métodos.

A análise comparativa realizada nesses pontos permitiu verificar as diferenças de cota e posicionamento entre o levantamento de campo e o MDT, fornecendo subsídios para a validação da qualidade dos dados utilizados no estudo e para a avaliação da representatividade do modelo digital de elevação em relação às condições reais observadas em campo.

A Figura 7 apresenta a localização das 18 seções transversais selecionadas para análise ao longo do trecho canalizado do Riacho do Frango, no município de Patos–PB. A distribuição das seções buscou contemplar diferentes características geométricas do canal, permitindo a comparação entre os perfis obtidos por meio do levantamento GNSS RTK e aqueles extraídos dos modelos digitais de elevação avaliados neste estudo.

Figura 7 – Localização das seções transversais analisadas ao longo do Riacho do Frango, Patos–PB.



Elaborado pelo autor (2026)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 AVALIAÇÃO QUALI-QUANTITATIVA DA PRECISÃO DO POSICIONAMENTO GNSS RTK

Na maior parte do trecho do riacho, as condições de rastreamento apresentaram-se favoráveis, devido à baixa presença de obstáculos que pudessem interferir na recepção dos sinais dos satélites, como edificações altas, vegetação densa ou estruturas metálicas. Nessas condições, o equipamento operou predominantemente em modo de “Solução Fixa” (Fixed Solution), que representa o nível mais elevado de precisão no método RTK, garantindo posicionamento centimétrico em tempo real.

Durante o levantamento, os desvios-padrão horizontais permaneceram, em média, entre 0,010 m e 0,025 m, enquanto os desvios verticais variaram entre 0,020 m e 0,045 m. Os valores altimétricos apresentaram ligeiramente maior variação devido à própria natureza da medição vertical, que normalmente possui sensibilidade maior em relação ao posicionamento horizontal.

Os resultados obtidos demonstram que o levantamento atingiu elevado padrão de precisão e confiabilidade, atendendo às exigências técnicas estabelecidas pelos órgãos normativos, como a Diretoria de Serviço Geográfico (DSG) e o INCRA, sendo compatível com levantamentos topográficos de alta precisão voltados para aplicações em engenharia, drenagem urbana e gerenciamento de recursos hídricos.

No entanto, a eficiência da técnica RTK enfrentou desafios intrínsecos ao ambiente urbano e à cobertura vegetal do semiárido. Durante o rastreamento dos pontos localizados nas cristas das margens e nas encostas dos taludes, registrou-se a degradação temporária da qualidade do sinal, com o sistema alternando para a Solução Flutuante (*Float Solution*). Esse fenômeno ocorreu devido a dois fatores principais:

- Efeito de Multicaminho (*Multipath*): Causado pela reflexão dos sinais dos satélites em superfícies artificiais próximas, como muros de arrimo, edificações marginais e pontes que cruzam o canal urbano.
- Atenuação de Sinal por Obstrução Física: Provocada pela presença de vegetação ciliar densa, composta predominantemente por espécies exóticas invasoras, como a algaroba (*Prosopis juliflora*), e arbustos nativos da caatinga. A folhagem densa e os galhos úmidos bloqueiam ou desviam as ondas portadoras (L1, L2), reduzindo a relação sinal-ruído (C/N0).

Para contornar tais limitações e mitigar a geometria desfavorável da constelação de satélites — indicada por picos nos valores de PDOP (*Position Dilution of Precision*) superiores a 4,0 —, adotou-se como critério metodológico o aumento do tempo de ocupação nos pontos críticos (de 5 para até 30 segundos) para forçar a ambiguidade dos dados portadores a se fixar, ou realizou-se técnicas de excentricidade topográfica nos pontos fisicamente inacessíveis. Dessa forma, garantiu-se que nenhum ponto com erro grosseiro fosse integrado à base de dados final.

3.2 ANÁLISE MORFOLÓGICA DISCRETIZADA DAS SEÇÕES TRANSVERSAIS

A modelagem geométrica do Riacho do Frango foi estruturada a partir do processamento das coordenadas projetadas no sistema UTM (Zona 24 Sul, Datum de referência SIRGAS 2000). A análise individualizada das três seções transversais (Estiquetas 01, 02 e 03)

permitiu mapear as feições morfológicas do canal, caracterizadas pelas variações da calha principal, taludes de margem, eixos de fluxo e feições deposicionais.

3.2.1 Perfil e Dinâmica da Seção Transversal 01 (Estaqueta 01)

A Seção Transversal 01 compreende uma amostragem sequencial de 11 pontos topográficos, estendendo-se transversalmente desde a crista da Margem Direita (MD) até o topo da Margem Esquerda (ME). Esta seção caracteriza-se por uma geometria relativamente simétrica e aberta, funcionando fisiograficamente como uma zona de transição ou planície de inundação parcial.

O fundo do leito (calha principal) nesta porção apresenta cotas altimétricas estabilizadas na faixa de 242,52m a 242,98m, evidenciando uma superfície de fundo suave e contínua. Os taludes que delimitam as margens apresentam inclinações moderadas (aproximadamente (1:2 ou 1:3), sugerindo que esta área ainda conserva parte de sua estabilidade geotécnica natural, embora a ausência de vegetação ciliar nativa exponha o solo superficial ao impacto direto do escoamento superficial difuso (*splashe* e *runoff*).

3.2.2 Perfil e Dinâmica da Seção Transversal 02 (Estaqueta 02)

A jusante da primeira seção, a Seção Transversal 02 foi delineada através de 10 pontos estratégicos (Pontos 12 ao 21). Os dados altimétricos coletados revelam uma clara mudança na declividade longitudinal do riacho, com o fundo do canal situando-se em cotas ligeiramente inferiores às da Seção 01, o que confirma o gradiente hidráulico natural do corpo d'água.

A principal característica observada na Seção 02 é a sua marcante assimetria morfológica. Enquanto a Margem Direita apresenta um perfil mais suave e alongado, a Margem Esquerda exibe um talude íngreme, quase verticalizado, configurando uma feição típica de margem de erosão (corte).

Essa configuração geométrica sugere que a seção está posicionada em um trecho de curvatura do riacho (meandro urbano), onde a força centrífuga do fluxo de água concentra as tensões de cisalhamento na face externa da curva (Margem Esquerda), provocando o solapamento da base do talude e consequentes desmoronamentos em blocos. Em contrapartida, a Margem Direita atua como uma zona de menor energia cinética, propícia à deposição de sedimentos finos.

3.2.3 Perfil e Dinâmica da Seção Transversal 03 (Estaqueta 03)

A Seção Transversal 03 encerra o segmento monitorado, sendo representada pelos pontos 22 a 31. Os resultados altimétricos traduzem o cenário de maior criticidade ambiental e estrangulamento geométrico entre as três seções avaliadas. A amplitude vertical entre as cristas das margens urbanizadas e a cota do fundo do rio atinge seus valores máximos nesta seção.

O leito do riacho exibe um comportamento excessivamente plano e alargado no fundo, associado a cotas que denunciam um processo severo de assoreamento. A deposição massiva de sedimentos arenosos e siltosos no fundo do canal reduz a profundidade útil do riacho. Este fenômeno está diretamente ligado ao regime hidrológico intermitente do semiárido paraibano: durante os longos períodos de estiagem, o fluxo cessa ou reduz-se a filetes d'água sem competência hidráulica para transportar a carga sólida.

Quando ocorrem as chuvas torrenciais, o volume de sedimentos lavado das ruas impermeabilizadas de Patos-PB é carreado para o interior do riacho, depositando-se nesta seção devido à perda abrupta de velocidade da água provocada por obstáculos a jusante ou pelo alargamento artificial do leito.

No Anexo 1 são apresentadas todas as seções transversais analisadas, bem como a respectiva classificação obtida para cada modelo avaliado. De maneira geral, o levantamento realizado por meio da tecnologia GNSS-RTK foi o método que apresentou o melhor desempenho na representação das seções transversais do canal, sendo todas as seções classificadas como boas, conforme visto na Figura 8.

Figura 8 – Comparação da seção transversal do Riacho do Frango entre o levantamento GNSS RTK e os modelos digitais de elevação avaliados.



Fonte: autoria própria 2026

Legenda: ANADEM - FABDEM - ALos Palsar - COP30 - COP90 – RTK

Em alguns trechos foram observadas pequenas distorções na geometria das seções, porém tais diferenças estão associadas principalmente ao processo de interpolação realizado pelo software Civil 3D durante a geração do Modelo Digital de Terreno (MDT), e não a falhas significativas do levantamento em campo. Destaca-se ainda que, nenhuma das seções avaliadas alcançou a classificação excelente, indicando que, mesmo para o levantamento RTK, existem limitações inerentes aos procedimentos de processamento e modelagem dos dados.

Entre os modelos de elevação analisados, o ALOS PALSAR apresentou os resultados menos satisfatórios, demonstrando maior discrepância em relação às seções de referência obtidas em campo. Assim, os modelos ANADEM, FABDEM, COP30 e COP90 também apresentaram desempenho insatisfatório na representação das seções transversais, com limitações significativas na caracterização da geometria do canal.

Dessa forma, os resultados indicam que esses MDTs não são recomendados para aplicações hidrodinâmicas, que dependam da representação adequada da seção transversal e da propagação do escoamento em canais, uma vez que as imprecisões observadas podem comprometer a confiabilidade das simulações e das análises hidráulicas realizadas.

3.3 IMPACTOS ANTRÓPICOS E VULNERABILIDADE A INUNDAÇÕES URBANAS

A integração dos dados de alta precisão obtidos via GNSS RTK com a interpretação socioambiental do entorno do Riacho do Frango revela um ambiente fluvial profundamente degradado pela expansão urbana desordenada do município de Patos-PB. O riacho, que originalmente cumpria um papel ecológico e de drenagem natural, foi convertido em um canal receptor de efluentes domésticos clandestinos e resíduos sólidos de diversas naturezas.

Sob a ótica da engenharia hidráulica, a perda de seção transversal útil observada nas Seções 02 e 03, decorrente do avanço das construções civis sobre as áreas de preservação permanente (APP) e do assoreamento do leito, reduz drasticamente a capacidade de vazão do canal (Q), nos termos da equação da continuidade (Equação 1).

$$Q = A \,.\, v \quad \textbf{(1)}$$

Onde (A) representa a área da seção transversal e (V) a velocidade média do fluxo. Sendo assim, qualquer redução na área (A) devido ao acúmulo de lixo ou sedimentos exige um aumento compensatório do nível d'água para escoar uma mesma vazão de cheia.

Como o regime pluviométrico de Patos é marcado por episódios de chuvas convectivas de alta intensidade e curta duração (chuvas torrenciais), o tempo de concentração da bacia hidrográfica urbana é extremamente reduzido devido à alta impermeabilização do solo (asfalto, telhados, calçamentos).

Os picos de cheia são atingidos quase instantaneamente. Assim sendo, diante das seções transversais estranguladas e assoreadas mapeadas neste trabalho, o volume de água excede facilmente a capacidade de amortecimento do canal, gerando o transbordamento imediato do riacho.

Esse cenário resulta em inundações frequentes nas zonas periféricas baixas, causando danos materiais à infraestrutura urbana, perdas econômicas para a população ribeirinha e graves riscos de saúde pública, devido à veiculação de doenças pela água contaminada pelo esgoto diluído na cheia.

O monitoramento contínuo com GNSS RTK apresenta-se, portanto, não apenas como um exercício acadêmico de topografia, mas como uma ferramenta de precisão indispensável para alimentar modelos de simulação tridimensional (como o HEC-RAS), servindo de subsídio técnico para obras de macrodrenagem, retificação planejada, desassoreamento e formulação de

políticas públicas de zoneamento urbano e defesa civil na cidade do Sol, o município de Patos-PB,

3.4 BANCO DE DADOS GEORREFERENCIADO

O levantamento topográfico com GNSS RTK resultou em um banco de dados robusto de 1.206 pontos georreferenciados, distribuídos ao longo do Riacho do Frango em Patos–PB. Todos os pontos foram coletados no datum geodésico oficial SIRGAS 2000, projeção UTM Fuso 24S, em conformidade com a ABNT NBR 13133/2025 e com a Resolução IBGE nº 01/2005.

Esse estudo abrangeu um trecho com extensão retilínea aproximada de 1.528 m, enquanto o comprimento efetivo do eixo do canal, considerando suas sinuosidades, atingiu aproximadamente 3.929 m.

Os pontos foram classificados em quatro categorias conforme sua posição e natureza: MF – margens e fundo lateral (790 pontos; 65,5%), Canal – fundo do leito (327 pontos; 27,1%), PONTE – estruturas de travessia (82 pontos; 6,8%) e Vertedouro (7 pontos; 0,6%). A Tabela 1 sintetiza essa distribuição.

Tabela 1 – Distribuição dos pontos levantados por categoria

Tipo de Ponto	Quantidade	Percentual (%)
MF – Margem/Fundo lateral	790	65,5%
Canal – Fundo do leito	327	27,1%
PONTE – Estruturas de travessia	82	6,8%
Vertedouro	7	0,6%
TOTAL	**1.206**	**100%**

Fonte: Autoria própria (2026).

3.5 ANÁLISE ALTIMÉTRICA

A análise das cotas altimétricas obtidas pelo levantamento RTK revelou a configuração topográfica detalhada do Riacho do Frango. O fundo do canal (pontos “Canal”) apresentou cota mínima de 223,378 m, cota máxima de 232,541 m, com valor médio de 228,037 m e desvio padrão de 2,102 m, evidenciando variação altimétrica significativa ao longo do trecho levantado. As cotas das margens (MF) variaram entre 224,729 m e 233,498 m, com média de 228,631 m. A Tabela 2 sintetiza as estatísticas altimétricas por categoria.

Tabela 2 – Estatísticas altimétricas por categoria de ponto (m)

Parâmetro	Fundo do Canal (m)	Margens MF (m)	Pontes (m)
Cota Máxima	232,541	233,498	232,596
Cota Mínima	223,378	224,729	225,279
Cota Média	228,037	228,631	–
Desvio Padrão	2,102	–	–
Desnível Total	9,163	8,769	7,317

Fonte: Autoria própria (2026).

3.6 PERFIL LONGITUDINAL E DECLIVIDADE DO CANAL

A partir dos 327 pontos do fundo do canal, foi determinado o perfil longitudinal do Riacho do Frango. O desnível total registrado ao longo dos 3.929 m do eixo levantado foi de 9,163 m, resultando em uma declividade média de 0,2332% (0,002332 m/m). Esse valor caracteriza um canal com caimento suave, compatível com as obras de macrodrenagem urbana em regiões semiáridas onde o relevo não apresenta grandes variações. A Tabela 3 reúne os principais parâmetros hidráulico-topográficos calculados.

Tabela 3 – Parâmetros hidráulico-topográficos do Riacho do Frango

Parâmetro	Valor
Comprimento do eixo do canal (m)	3.929 m
Desnível total do fundo do canal (m)	9,163 m
Declividade média (%)	0,2332%
Declividade média (m/m)	0,002332 m/m
Profundidade média estimada (margem – fundo) (m)	0,595 m
Maior variação de cota entre pontos consecutivos	3,911 m

Fonte: Autoria própria (2026).

A profundidade média estimada de 0,595 m — obtida pela diferença entre a cota média das margens (228,631 m) e a cota média do fundo (228,037 m) — indica que o Riacho do Frango, no trecho levantado, apresenta seção de pequeno porte, característica esperada para canais de macrodrenagem em regime intermitente, típico do semiárido paraibano. A maior variação de cota entre pontos consecutivos do fundo (3,911 m) sinaliza a presença de estruturas hidráulicas, como soleiras ou quedas d’água localizadas, que requerem atenção em projetos de manutenção e dimensionamento hidráulico.

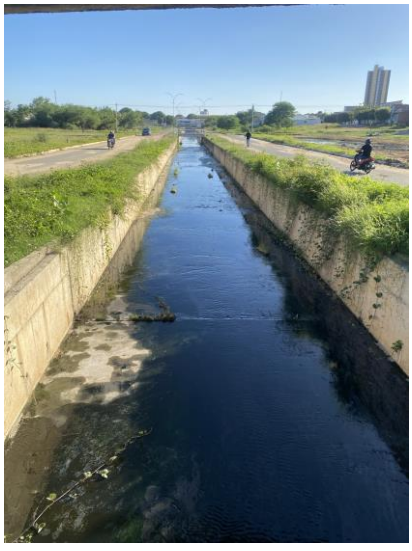
4 RELATÓRIO FOTOGRÁFICO

O presente relatório fotográfico tem como objetivo registrar as condições físicas, estruturais e operacionais do Canal do Frango, localizado no município de Patos/PB, durante a execução do levantamento topográfico das seções transversais do canal. O Canal do Frango integra o sistema de macrodrenagem urbana do município, sendo responsável pelo escoamento de águas pluviais provenientes de diversos setores da área urbana.

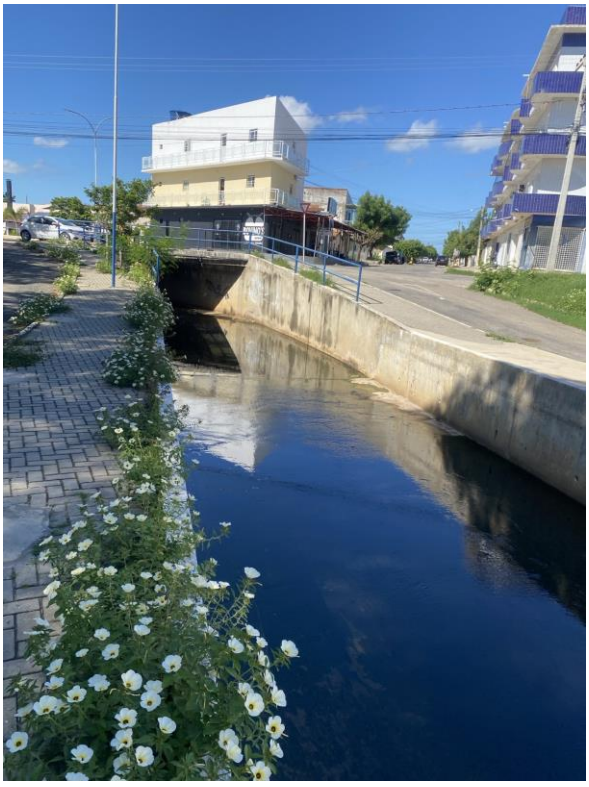
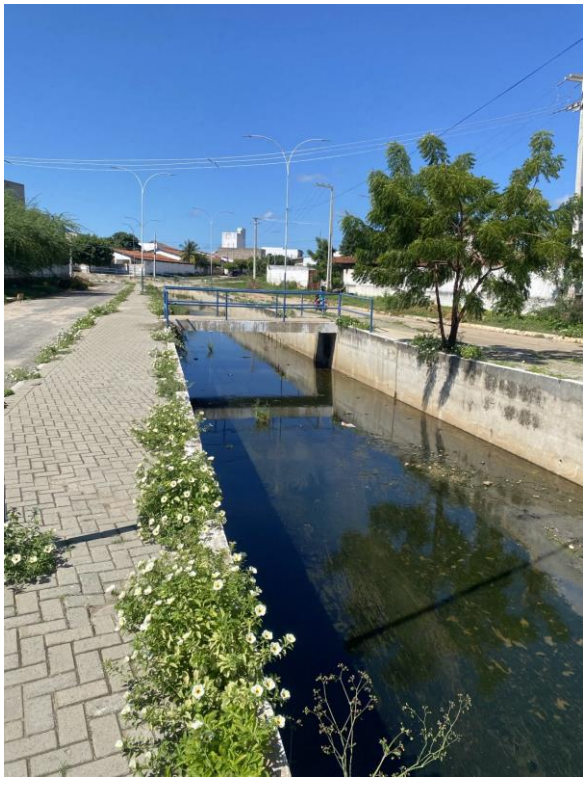
O levantamento topográfico foi realizado com tecnologia GNSS RTK de dupla frequência, operando em tempo real, garantindo elevada precisão no posicionamento planimétrico e altimétrico dos pontos levantados. As seções transversais foram obtidas em trechos representativos do canal, contemplando áreas em calha aberta, estruturas hidráulicas, galerias pluviais e dispositivos de drenagem existentes ao longo do percurso.

Durante a execução dos serviços de campo, foram realizados registros fotográficos das condições observadas no canal, incluindo o estado de conservação das estruturas de concreto, presença de sedimentos, vegetação, lançamentos de drenagem e demais interferências que podem comprometer a capacidade hidráulica do sistema. As imagens também permitem identificar características geométricas e operacionais dos trechos levantados.

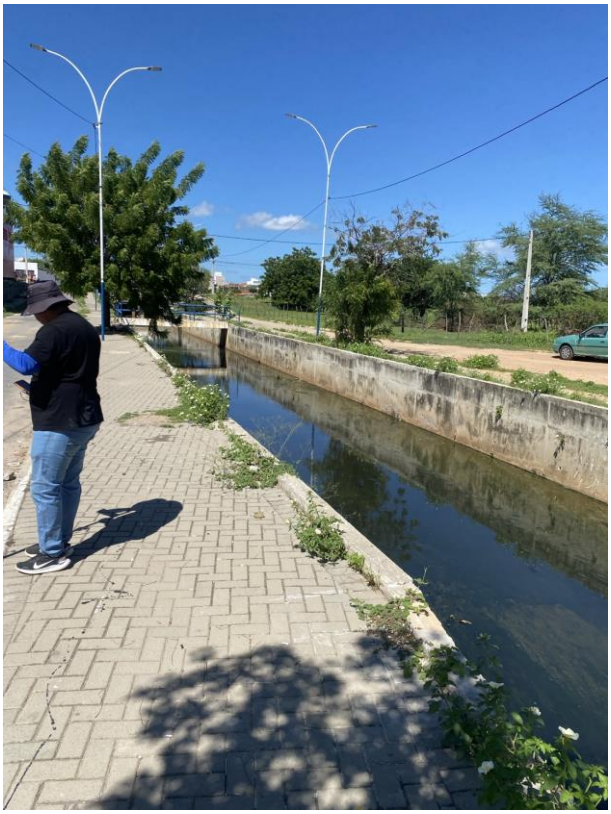
Dessa forma, o presente relatório fotográfico constitui um importante instrumento de documentação técnica, auxiliando na análise das condições atuais do Canal do Frango e servindo de apoio para futuros estudos hidráulicos, ações de manutenção e possíveis intervenções voltadas à melhoria do sistema de drenagem urbana.

Título	Foto	Descrição
Foto 01 – Vista geral do canal de drenagem		Vista geral da estrutura principal do canal de drenagem revestido em concreto, com presença de água e vegetação nas margens.

Título	Foto	Descrição
Foto 02 – Trecho com acúmulo de sedimentos		Trecho do canal com presença de sedimentos, vegetação aquática e indícios de necessidade de manutenção e limpeza periódica.
Foto 03 – Estrutura de galeria lateral		Galeria lateral de contribuição de águas pluviais ao canal principal, com sinais de desgaste superficial no concreto.

Título	Foto	Descrição
Foto 04 – Entrada de galeria pluvial		Entrada de galeria pluvial interligada ao canal principal, apresentando fluxo reduzido e material sedimentado próximo à abertura.
Foto 05 – Trecho do canal com deposição de material		Trecho do canal com presença de material orgânico e sedimentos depositados ao longo do fundo da estrutura.

Título	Foto	Descrição
Foto 06 – Vista longitudinal do canal		Vista longitudinal do canal, evidenciando o alinhamento da estrutura de concreto e as condições do escoamento.
Foto 07 – Trecho urbano canalizado		Trecho urbano do canal com infraestrutura adjacente, incluindo pavimentação, iluminação pública e passarela metálica.

Título	Foto	Descrição
Foto 08 – Saída tubular de drenagem		Dispositivo tubular de drenagem implantado na parede lateral do canal para lançamento de águas pluviais.
Foto 09 – Estrutura de contenção e passagem		Estrutura de contenção localizada em trecho do canal, utilizada para controle e direcionamento do fluxo hidráulico.

Com base no registro fotográfico e vistoria do Canal do Frango, são destacadas as seguintes observações:

a) **Assoreamento:** Verificou-se acúmulo significativo de sedimentos em vários trechos do canal, especialmente nas entradas dos bueiros, comprometendo a seção hidráulica disponível para escoamento pluvial.
b) **Lançamento de Efluentes:** Foram identificadas ligações irregulares de esgoto doméstico nas paredes laterais do canal, evidenciadas pela coloração escura e odor característico da água em determinados trechos.
c) **Estado das Estruturas:** As estruturas de concreto apresentam-se em razoável estado de conservação, com exceção de pontos localizados com fissuras e deterioração das juntas de dilatação, que requerem intervenção de recuperação.
d) **Vegetação:** Há presença de macrófitas e vegetação rasteira no leito e nas margens do canal, especialmente nos trechos de menor velocidade de escoamento, dificultando o fluxo hidráulico.
e) **Resíduos Sólidos:** Constatou-se descarte irregular de resíduos sólidos nas áreas adjacentes ao canal, com potencial de carreamento para o interior da estrutura em eventos de precipitação.
f) **Levantamento GNSS RTK:** O levantamento topográfico com GNSS RTK foi realizado com sucesso, cobrindo os principais trechos e seções transversais do canal, fornecendo subsídios precisos para estudos e projetos.

Em síntese, as condições observadas durante o levantamento topográfico e nos registros fotográficos realizados ao longo do Canal do Frango, demonstraram a necessidade de adoção de medidas corretivas e preventivas voltadas à melhoria das condições hidráulicas e estruturais do sistema de drenagem urbana.

Entre as principais recomendações, destacam-se a execução de serviços de desassoreamento e limpeza em toda a extensão do canal, visando remover sedimentos, resíduos sólidos e vegetação acumulada que comprometem a capacidade de escoamento das águas pluviais.

Também se recomenda a eliminação das ligações clandestinas de esgoto identificadas durante as inspeções de campo, bem como a implantação de rede coletora de esgoto nas áreas adjacentes ao canal, reduzindo os impactos ambientais e sanitários causados pelo lançamento irregular de efluentes. Além disso, observou-se a necessidade de recuperação das fissuras,

juntas de dilatação e demais patologias existentes nas estruturas de concreto, garantindo maior segurança estrutural e durabilidade ao sistema.

Outra medida importante consiste na implantação de programas de controle e conscientização relacionados ao descarte inadequado de resíduos sólidos nas proximidades do canal, contribuindo para a preservação das condições de funcionamento da drenagem urbana. Por fim, recomenda-se a elaboração de projeto hidráulico de adequação da capacidade de escoamento do canal, utilizando como base as seções transversais levantadas com tecnologia GNSS RTK, possibilitando futuras intervenções de melhoria e ampliação do sistema.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho demonstrou que o levantamento topográfico com GNSS RTK é uma ferramenta eficaz e precisa para a caracterização planialtimétrica de canais de macrodrenagem urbana. No Riacho do Frango, em Patos–PB, a técnica possibilitou a coleta de 1.206 pontos georreferenciados com precisão centimétrica, referenciados ao datum oficial SIRGAS 2000 (UTM Fuso 24S), em conformidade com as normativas vigentes para levantamentos topográficos no Brasil.

O emprego do método de posicionamento por Satélite em Tempo Real (*Real Time Kinematic* - RTK) no monitoramento do Riacho do Frango, no perímetro urbano de Patos-PB, mostrou-se uma solução tecnológica de alta eficiência, conciliando celeridade na coleta de dados e acurácia centimétrica. O princípio do método RTK baseia-se na transmissão instantânea de correções diferenciais a partir de uma estação de referência (Base) para o receptor móvel (Rover), permitindo a determinação de coordenadas tridimensionais (E, N, Z) no exato momento da ocupação do ponto

Os resultados obtidos revelaram que o canal apresenta declividade média de 0,2332% ao longo de aproximadamente 3.929 m de extensão levantada, com desnível total de 9,163 m no fundo do leito. A profundidade média estimada de 0,595 m e a variação máxima de cota entre pontos consecutivos de 3,911 m indicam a presença de descontinuidades no perfil longitudinal, sugerindo a existência de estruturas hidráulicas pontuais, como soleiras e quedas d’água, que demandam atenção especial em projetos de manutenção e modelagem hidráulica.

O cadastro das estruturas hidráulicas, incluindo 82 pontos de pontes e 7 pontos do vertedouro, constitui um avanço significativo para o gerenciamento da infraestrutura de drenagem do município. As cotas das soleiras de pontes (225,279 m a 232,596 m) e do vertedouro (soleira mínima em 232,044 m) fornecem dados essenciais para a avaliação da capacidade hidráulica das travessias e do controle do nível d’água a montante. Esses parâmetros, associados à geometria das seções transversais, permitem avançar em análises de risco de inundação e no dimensionamento de intervenções de engenharia, subsidiando diretamente o planejamento urbano de Patos-PB.

As análises das seções transversais permitiram verificar diferenças significativas entre os Modelos Digitais de Terreno de uso público e o levantamento GNSS-RTK na representação da geometria do canal estudado. Os resultados demonstraram que o levantamento realizado com GNSS-RTK apresentou a melhor capacidade de representar as seções transversais avaliadas, sendo classificado como bom em todas as análises realizadas. Em contrapartida, os MDTs de

uso público apresentaram limitações na caracterização da morfologia do canal, com destaque para o modelo ALOS PALSAR, que apresentou o desempenho menos satisfatório.

De modo geral, os modelos ANADEM, FABDEM, COP30 e COP90 apresentaram desempenho regular, não reproduzindo adequadamente as características geométricas das seções avaliadas quando comparados aos dados obtidos em campo. Esses resultados evidenciam restrições para aplicações que demandam elevado nível de detalhamento altimétrico e geométrico. Assim, conclui-se que, para estudos hidrodinâmicos em canais urbanos, especialmente aqueles relacionados à propagação do escoamento e à modelagem de inundações, a utilização de dados obtidos por levantamento GNSS-RTK é mais adequada, proporcionando maior confiabilidade e precisão aos resultados.

Do ponto de vista metodológico, o GNSS RTK mostrou-se superior aos métodos topográficos convencionais pela sua produtividade em campo, pela precisão centimétrica e pela integração direta com sistemas de referência geodésicos, eliminando a necessidade de poligonais de apoio extensas. A adoção do datum SIRGAS 2000 garantiu compatibilidade plena com bases cartográficas oficiais e com modelos digitais de terreno de acesso público, viabilizando análises comparativas entre os levantamentos de campo e os produtos altimétricos disponíveis.

Nesse plano, como limitações do estudo, destacam-se que a profundidade média estimada de 0,595 m foi obtida pela diferença entre as cotas médias de margens e fundo, não substituindo levantamentos batimétricos pontuais de seções transversais completas. Recomenda-se, portanto, complementar os dados obtidos com medições de seção transversal in situ em intervalos regulares, levantamentos batimétricos nos trechos críticos e registros históricos de nível d’água, de modo a alimentar modelos hidráulicos de maior acurácia, como o HEC-RAS, para simulações de cheias e dimensionamento definitivo das seções do canal.

Conclui-se, por fim, que o banco de dados topográficos gerado representa uma contribuição técnica relevante para a engenharia de recursos hídricos em Patos-PB, estabelecendo uma linha de base quantitativa para o monitoramento contínuo do Riacho do Frango, para a avaliação da efetividade das obras de macrodrenagem já executadas e para o planejamento das futuras intervenções de manutenção, recuperação e ampliação da infraestrutura de drenagem urbana do município.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Manejo de águas pluviais urbanas sustentáveis**. Brasília, DF: ANA, 2023.

BANDINI, F. et al. Bathymetry observations of inland water bodies using a tethered single-beam sonar controlled by an unmanned aerial vehicle. **Hydrology and Earth System Sciences**, [s. l.], v. 22, p. 4165–4181, 2018.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Ministro inaugura obras de macrodrenagem no sertão da Paraíba**. Brasília, DF, 2013.

CHRISTOFIDIS, D.; ASSUMPÇÃO, R.; KLIGERMAN, D. C. **Gestão das águas urbanas no Brasil**. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2019.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. **Hidrologia aplicada à gestão de bacias urbanas**. Porto Alegre: ABRH, 2013.

COMASTRI, J. A.; TULER, J. C. **Topografia**: altimetria. 3. ed. Viçosa: UFV, 2011.

CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea:** diagnóstico do município de Patos, estado da Paraíba. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.

FITZGIBBON, T. T. **Sistemas GNSS**: teoria e prática na engenharia. Porto Alegre: Bookman, 2017.

FONSECA, R. M. **Cartografia e modelagem do relevo submerso:** aplicações em sistemas fluviais. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

GEO-ALLEN. **What is GNSS RTK and why is it revolutionizing high precision surveying?** 2023.

GEORTK. **O que é RTK e por que a sua precisão centimétrica importa para o seu negócio**. 2024.

GUTH, P. L.; GROHMANN, C. H.; PELLERIN, J. **Remote sensing and GIS applications for terrain analysis and geomorphology**. Remote Sensing, Basel, v. 13, n. 18, p. 3581, 2021.

IB TOPOGRAFIA. **Tecnologia GPS/GNSS RTK**. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS – RBMC.** Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Resolução PR nº 01/2005**. Estabelece a adoção do SIRGAS2000 como sistema de referência geodésico. Rio de Janeiro: IBGE, 2005.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema Global de Navegação por Satélite (GNSS)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2025.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Solução multianual das estações da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS no período de 2000 a 2019**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

JORNAL DA PARAÍBA. **Aguinaldo inaugura obras do Canal do Frango em Patos**. João Pessoa, 2013.

LEICK, A. **GPS satellite surveying**. 4. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2015.

MACINTYRE, A. J. **Hidráulica aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill, 2011.

MACINTYRE, A. J. **Instalações hidráulicas: prediais e industriais**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

MENDES, F. A.; SANTOS, L. R. Histórico da drenagem urbana no Brasil. **Revista DAE**, São Paulo, v. 70, n. 233, 2022.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. **Ministro Aguinaldo Ribeiro inaugura obras de macrodrenagem no sertão da Paraíba**. Brasília, DF, 2013.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS:** descrição, fundamentos e aplicações. 2. ed. São Paulo: Editora Unesp, 2008.

MOREIRA RODRIGUES, N. et al. The lack of urban drainage in Brazilian cities. **Research, Society and Development,** [s. l.], v. 12, n. 5, p. e29612529652, 2023.

NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J.; SILVA, A. B. **Aplicações do SRTM em estudos hidrológicos e geomorfológicos no Brasil**. Anuário do Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, v. 44, n. 2, p. 310–325, 2021.

OLIVEIRA, D. C.; SANTANA, H. C. Drenagem urbana de águas pluviais e sua importância para o saneamento e meio ambiente. **Anais da Jornada Acadêmica das Engenharias**, [s. l.], v. 1, n. 1, p. 01–07, 2022.

PAVIMAK. **Institucional**. 2025.

PEREIRA, D. S. **Avaliação espaço-temporal do uso e ocupação do solo para macrodrenagem na microbacia do Riacho do Frango, Patos-PB**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Instituto Federal da Paraíba, Patos, 2025.

PORTO, R. L. **Hidráulica básica**. 5. ed. São Paulo: EESC-USP, 2010.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico:** métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RIGUETTO, A. M.; MOREIRA, L. F. F.; SALES, T. E. A. Avaliação de sistemas tradicionais de drenagem. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 25, 2020.

RODRIGUES, V.; ADAMCZUK, C. A importância da drenagem urbana e as suas formas de cuidado com o meio ambiente. **Revista Eletrônica da Faculdade de Alta Floresta**, Alta Floresta, v. 9, n. 1, p. 01–12, 2020.

SANTANA NETO, A. **A importância de geotecnologias em diagnósticos ambientais:** um estudo teórico sobre o Canal do Frango na cidade de Patos-PB. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2025.

SANTOS, V. L. L. **Delimitação de bacia e análise morfométrica aplicadas ao Riacho do Frango no município de Patos–PB.** In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 16., 2022, Maceió. Anais [...]. Maceió: ABRHidro, 2022. p. 1–10.

SBG SYSTEMS. RTK – **Real Time Kinematic**. 2023.

SILVA, J. P.; MENDONÇA, A. F. Impactos da urbanização no ciclo hidrológico. **Revista Elisée**, Goiânia, v. 9, n. 1, p. 45–62, 2018.

SILVA, M. D.; OLIVEIRA, J. R.; SANTOS, A. G. Análise física do corpo hídrico e levantamento batimétrico em curso d'água urbano. **Boletim Técnico IFF**, Campos dos Goytacazes, v. 9, n. 2, p. 15–20, 2023.

SOUSA, D.; RODRIGUES, E.; SANTOS, L. Aplicações da batimetria na engenharia hidráulica moderna. **Revista Engenharia & Água**, [s. l.], v. 14, n. 1, 2020.

SUZUKI, T.; INOUE, D.; AMANO, Y. **Robust UAV position and attitude estimation using multiple GNSS receivers for laser-based 3D mapping**. arXiv preprint, [s. l.], 2023.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Porto Alegre: ABRH, 2007.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia:** ciência e aplicação. 4. ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2008.

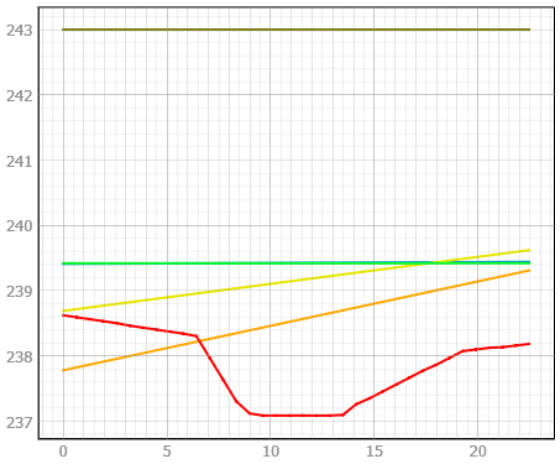
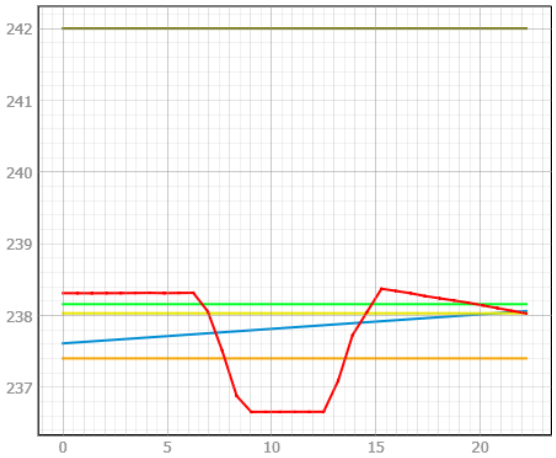
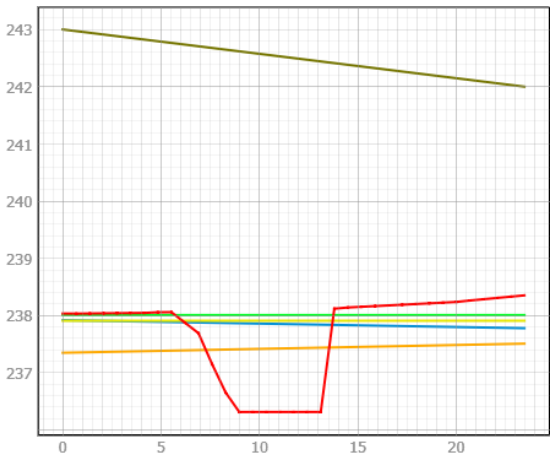
TUCUJUS AMBIENTAL. **Levantamento topográfico com RTK**. 2023.

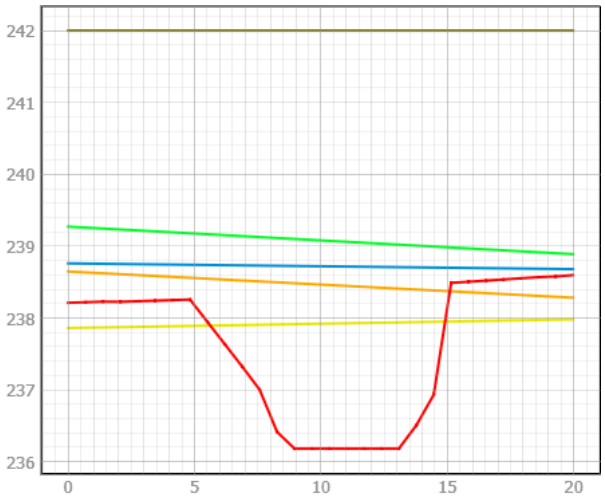
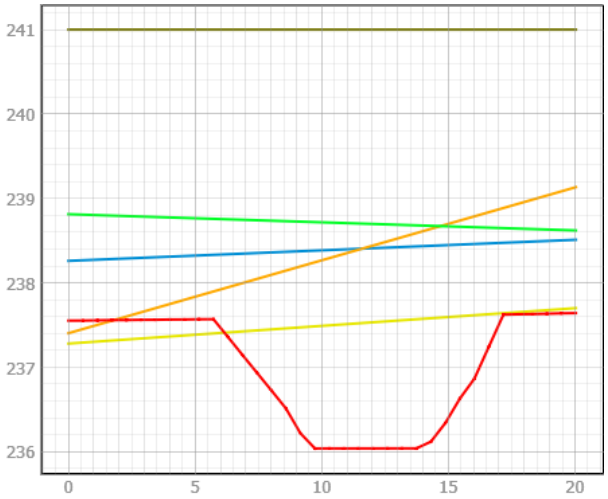
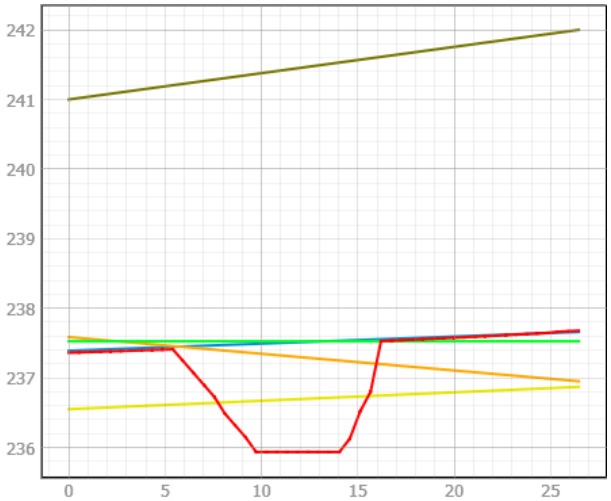
VEIGA, L. A. K. Acurácia e precisão em levantamentos topográficos com RTK. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, v. 65, n. 4, 2013.

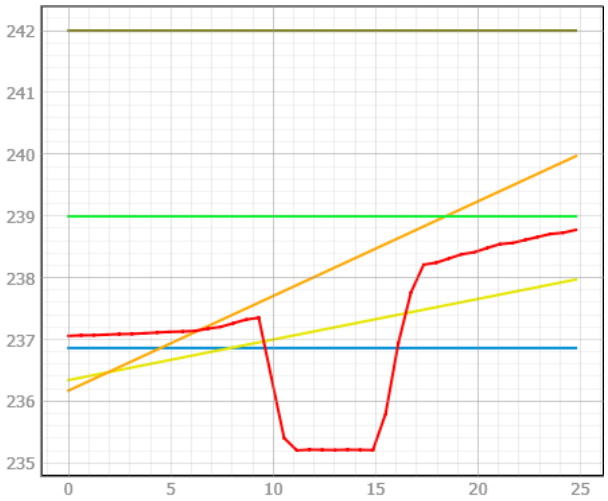
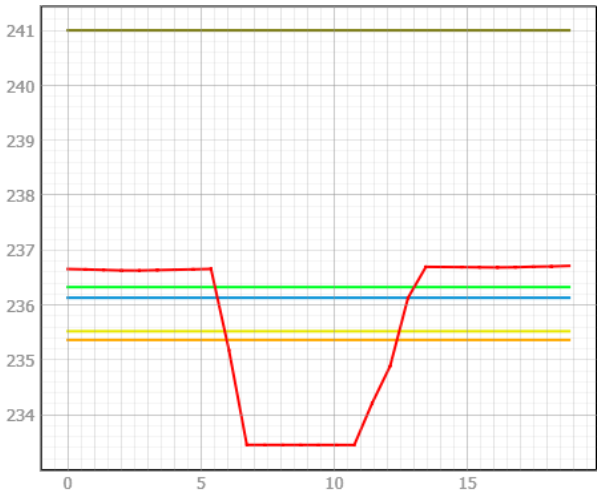
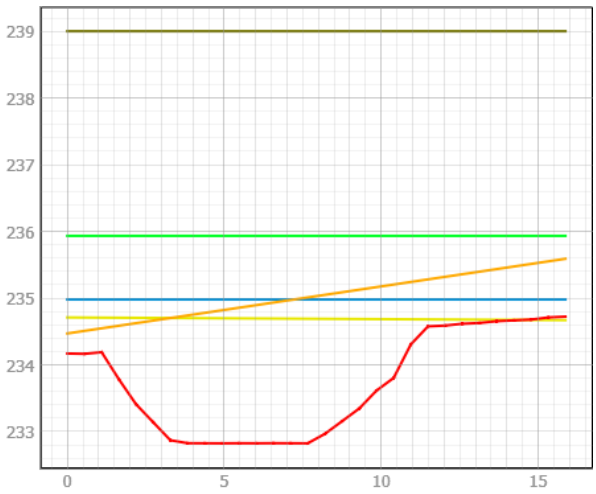
VIEL, J. A.; ROSA, R.; MENDES JUNIOR, C. W. Potencialidades do SRTM em análises hidrológicas e modelagem do relevo. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 13, n. 6, p. 2875–2892, 2020.

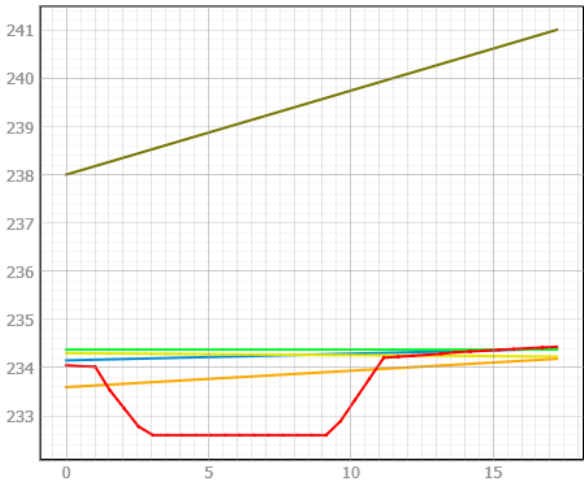
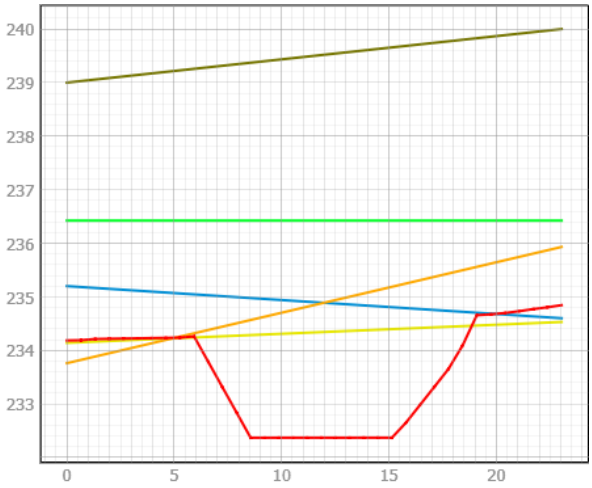
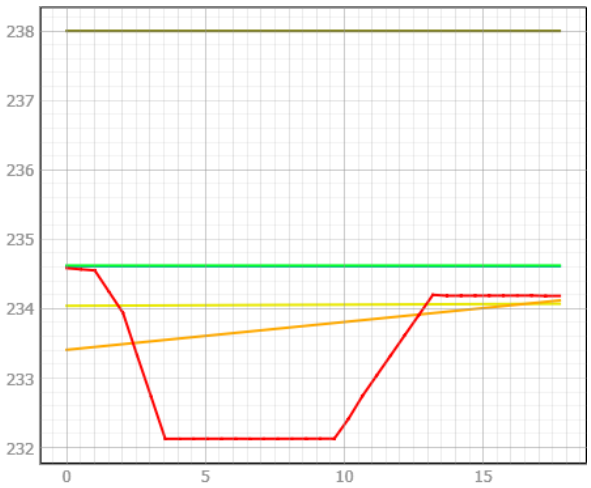
YOGI, G. C.; STANGANINI, F. N. Modelos digitais de elevação e aplicações em geotecnologias ambientais. **Revista Brasileira de Geomática**, Curitiba, v. 11, n. 2, p. 134–150, 2023.

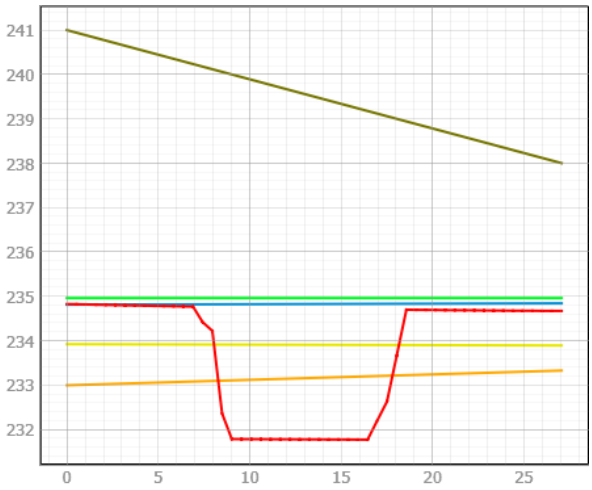
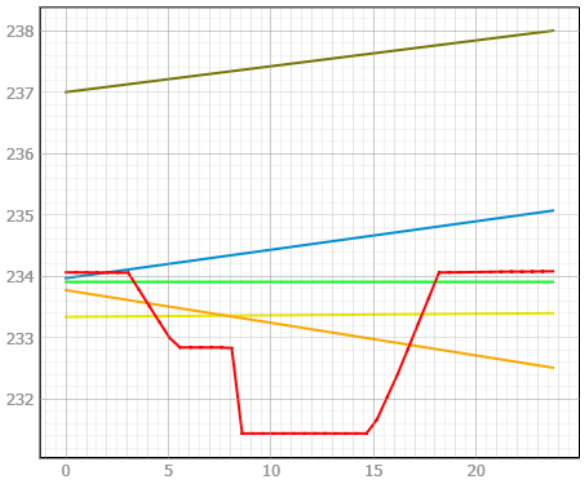
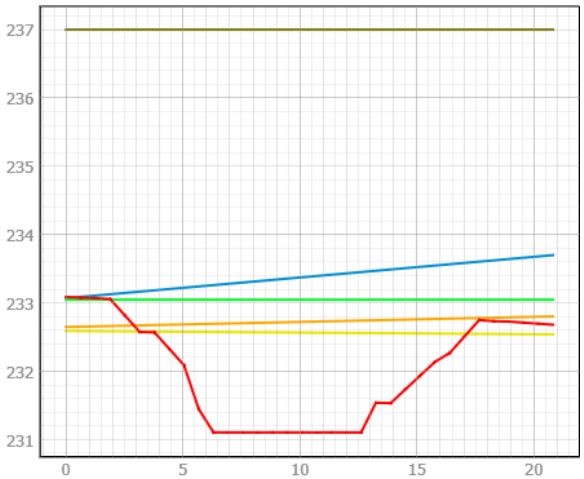
ANEXO – ANÁLISE DAS SEÇÕES

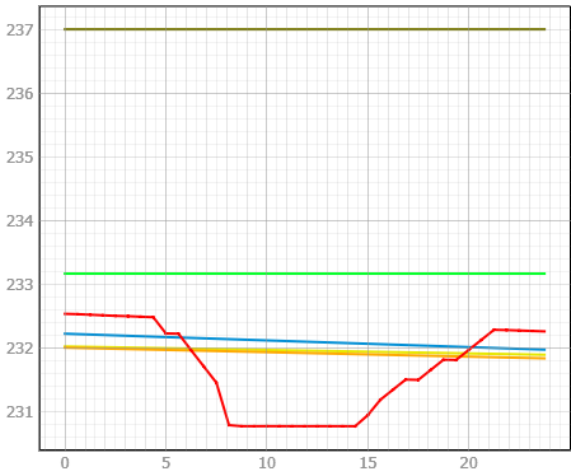
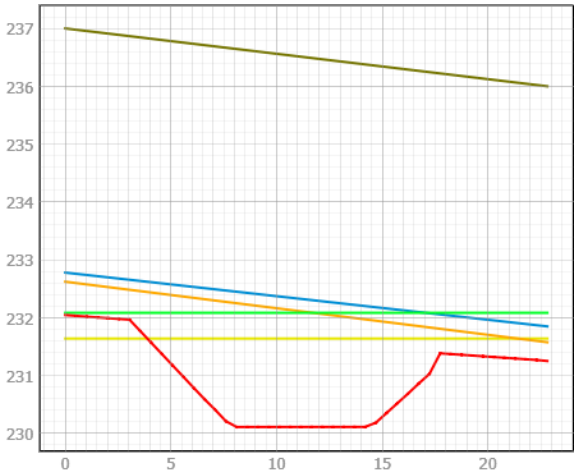
Seção	Perfil da Seção	MDT	Qualidade
1		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa
2		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa
3		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa

4		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa
5		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa
6		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa

7		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa
8		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa
9		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa

10		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa
11		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa
12		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa

13		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa
14		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa
15		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa

16		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa
17		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa
18		ANADEM	Regular
		FABDEM	Regular
		Alos Palsar	Ruim
		COP30	Regular
		COP90	Regular
		RTK	Boa

Legenda: ANADEM - FABDEM - ALos Palsar - COP30 - COP90 - RTK